

· 论著 ·

大矩阵超高分辨CT结合iDose⁴算法筛查新型冠状病毒肺炎技术探讨

郭鹭鑫 康江河 蔡小萍* 王金岸

厦门大学附属中山医院影像科 (福建 厦门 361004)

【摘要】目的 评价超高分辨CT(UHRCT)结合iDose⁴迭代算法的图像质量, 探讨其在新型冠状病毒肺炎(COVID-19)诊断中的应用价值。**方法** 对行Philips Ingenuity CT扫描的25例疑似COVID-19患者原始CT图像, 分512矩阵组及1024矩阵组, 采取传统滤过反投影法(FBP)及iDose⁴-1、iDose⁴-3、iDose⁴-5、iDose⁴-7进行回顾性重建, 测量不同重建图像肺窗同一层面的CT值、噪声(SD)、信噪比(SNR); 由3名影像学高级职称医师以5分制对图像质量及显示肺小叶结构进行主观评分。所有数值进行SPSS统计学分析。**结果** iDose⁴-1、iDose⁴-3、iDose⁴-5、iDose⁴-7的SNR均高于FBP, 噪声低于FBP, 差异有统计学意义($P<0.05$), 各组图像的CT值差异无统计学意义($P>0.05$)。随着iDose⁴级别的增高, SD值下降, SNR值升高。同一迭代等级, 1024矩阵组SD值高于512矩阵组, SNR值低于512矩阵组, 差异具有统计学意义($P<0.05$)。两两比较显示, 1024矩阵组iDose⁴-5、iDose⁴-7与512矩阵组iDose⁴-3的SD、CNR差异无统计学意义($P>0.05$)。FBP、不同级别迭代重建图像主观评分差异有统计学意义($P<0.05$)。各组间两两比较, 同一矩阵条件下iDose⁴-3、iDose⁴-5的主观评分值差异无统计学意义($P>0.05$), 且1024矩阵iDose⁴-5主观评分优于其它组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 1024矩阵超高分辨CT结合iDose⁴-5重建可以更清楚显示肺小叶结构、磨玻璃病灶及细末梢支气管扩张, 有利于精准评估COVID-19病变的累及范围及程度。

【关键词】 超高分辨CT; 1024矩阵; 迭代重建; 新型冠状病毒肺炎

【中图分类号】 R445.3; R563.1

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2021.05.009

Technology Discussion of Ultra High Resolution CT and iDose⁴ Algorithm for Screening COVID-19

GUO Lu-xin, KANG Jiang-he, CAI Xiao-ping*, WANG Jin-an.

Department of Imaging, Zhongshan Hospital Affiliated to Xiamen University, Xiamen 361004, Fujian Province, China

Abstract: Objective To evaluate the image quality and diagnostic value of ultra high resolution CT (UHRCT) combined with iDose⁴ iterative algorithm in novel coronavirus (COVID-2019) pneumonia. **Methods** Twenty five cases of suspected (Corona Virus Disease 2019, COVID-2019) patients' original CT images were divided into 512 matrix group and 1024 matrix group. Traditional filter back projection (FBP) and iDose⁴-1, iDose⁴-3, iDose⁴-5, iDose⁴-7 iterative reconstruction were used for retrospective reconstruction. CT values, noise (SD) and signal-to-noise ratio (SNR) at the same level of lung window of different reconstructed images were measured. The image quality were evaluated by 3 experienced radiologists respectively using 5-point system. **Results** The SNR values of iDose⁴-1, iDose⁴-3, iDose⁴-5, iDose⁴-7 were higher than those of FBP, and the noise was lower than that of FBP. The differences were statistically significant ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in CT value of each group ($P>0.05$). With the increase of iteration level, SD decreased and SNR increased. At the same iteration level, SD value of 1024 matrix group was higher than 512 matrix group, SNR value was lower than 512 matrix group, the difference was statistically significant ($P<0.05$). There was no significant difference in SD and CNR between iDose⁴-5, iDose⁴-7 of 1024 matrix and iDose⁴-3 of 512 matrix ($P>0.05$). There were significant differences in subjective scores of FBP and different iterative reconstruction images ($P<0.05$). There was no significant difference between the subjective scores of iDose⁴-3 and iDose⁴-5 in the same matrix ($P>0.05$), and the subjective scores of iDose⁴-5 in matrix 1024 were better than those in other groups ($P<0.05$). **Conclusion** Ultra high resolution CT of 1024 matrix combined with iDose⁴-5 reconstruction can clearly show more detail structures of pulmonary lobules, ground glass lesions and bronchiectasis. It is helpful to evaluate the extent of COVID-19.

Keywords: Ultra High Resolution CT; 1024 Matrix; Iterative Reconstruction; COVID-19

新型冠状病毒(Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, SARS-CoV-2)可通过人际传播, 被感染者主要表现为肺部炎症, 称之为新型冠状病毒感染的肺炎(Corona Virus Disease 2019, COVID-19), 具有较强的传染性, 且病情进展迅速, 严重者会出现急性呼吸窘迫综合征, 呼吸衰竭等, 甚至导致死亡^[1]。目前利用实时荧光RT-PCR检测新型冠状病毒核酸阳性是确诊COVID-19的“金标准”, 但核酸检测特异性高, 敏感度低, 检测结果反馈需要一定的时间, 检测结果存在假阴性。国内外诸多文献报道, COVID-19高分辨CT主要以磨玻璃病灶为主, 具有特异性及典型征象^[2-4]。1024矩阵超高分辨率CT较常规HRCT更能清楚显示磨玻璃病灶内部结

构^[5]。iDose⁴算法可以抑制图像噪声, 提升图像质量。本研究比较了1024矩阵条件下不同级别iDose⁴算法图像质量, 选取最佳的迭代重建级别, 旨在探讨基于最佳迭代等级下1024矩阵超高分辨CT在COVID-19诊断上的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2020年1月至2月来我院检查的新冠肺炎疑似患者25例, 其中男12例, 女13例, 年龄6~74岁, 平均年龄(38.79±10.8)岁。其中COVID-19确诊病例12例, 其它肺炎患者8例, 肺部正常患者5例。

1.2 仪器与方法 采用Philips Ingenuity CT扫描仪。嘱患

【第一作者】郭鹭鑫, 男, 主管技师, 主要研究方向: CT扫描技术。E-mail: catch.mao@163.com

【通讯作者】蔡小萍, 女, 主管技师, 主要研究方向: 能谱CT新技术应用。E-mail: 119385046@qq.com

者仰卧，扫描时屏气，头先进，扫描范围自肺尖到肺底。扫描参数：管电压120kV，mAs：Doseright Index(剂量指数15~20)，准直器0.625mm×64，螺距1.2，扫描速度0.75s/rot，扫描层厚2mm，重建层厚2mm，间隔为2mm，FOV 35cm。将所获原始数据在矩阵512×512及1024×1024条件下，采用FBP及不同级别迭代重建技术(iDose⁴-1、iDose⁴-3、iDose⁴-5、iDose⁴-7)进行1mm层厚及间隔进行重建。

1.3 图像质量分析

1.3.1 客观评价 将各组图像传输至Philips IntelliSpace Portal工作站，关闭相关信息，在固定肺窗(窗宽1600HU、窗位-600HU)，对FBP图像和iDose⁴-1、iDose⁴-3、iDose⁴-5、iDose⁴-7图像进行测量和评价。于气管隆突水平、左心房水平在肺组织内(避开肺纹理及病变区)分别选取ROI(面积约45mm²)，测量标准差(SD)，同时记录其平均CT值，计算SNR。每一个ROI测量三次取其平均值。SNR=CTn/SDn，其中CTn、SDn为肺组织平均CT值和SD值。SD值为图像客观噪声，见图3。

1.3.2 主观评价 图像在同样放大比例情况下，由3名具有10年以上工作经验的放射科医师对图像质量进行量化评估，意见不同时，协商达成一致。以5分制对图像质量进行评分，评价内容包括图像噪声、斜裂及叶间裂、近胸膜2cm血管支气管显示情况、病灶及病灶内部结构显示情况、诊断可行性等。5分：图像无明显噪声，图像颗粒小、细腻，且诸结构边界清晰，图像清晰显示；4分：图像噪声较小，图像颗粒小、较细腻，诸结构边界较清晰，图像较清晰；3分：图像噪声较大，图像颗粒较粗，且诸结构边缘尚较清楚，肺纹理有显著伪影，边缘较模糊；2分：图像噪声大，图像颗粒粗，诸结构欠清，肺纹理有严重伪影，可并有其他伪影；1分：图像噪声极大，图像颗粒粗，且诸结构边界不清，肺纹理有严重伪影，难以确定边界，无法诊断。评分≥3分的图像，认为可以满足诊断要求。

1.4 统计学分析 采用SPSS 22.0统计软件进行分析，计量资

料以($\bar{x} \pm s$)表示，对FBP图像和各组iDose图像的平均CT值、SD值、SNR值进行方差分析，以P<0.05作为差异有统计学意义，并对各组间进行两两比较。

2 结果

2.1 图像客观评价 iDose⁴-1、iDose⁴-3、iDose⁴-5、iDose⁴-7的SNR高于FBP，客观噪声低于FBP，差异均有统计学意义(P<0.05)，各组图像的CT值差异无统计学意义(P>0.05)，如表1。随着iDose级别的增高，SD值下降，SNR值升高(图1)。不同级别迭代重建，512矩阵组客观噪声较FBP分别降低了2.72%、17.25%、16.69%、24.30%；1024矩阵组客观噪声较FBP分别降低了5.88%、12.28%、22.10%、22.96%。同一迭代等级，1024矩阵条件下的SD值高于512矩阵，升高比例分别为20.31%、27.53%、19.25%、21.37%；SNR值低于512矩阵，差异具有统计学意义(P<0.05)。各组间两两比较分析显示，1024矩阵iDose⁴-5、iDose⁴-7与512矩阵iDose⁴-3的SD、CNR差异无统计学意义(P>0.05)。

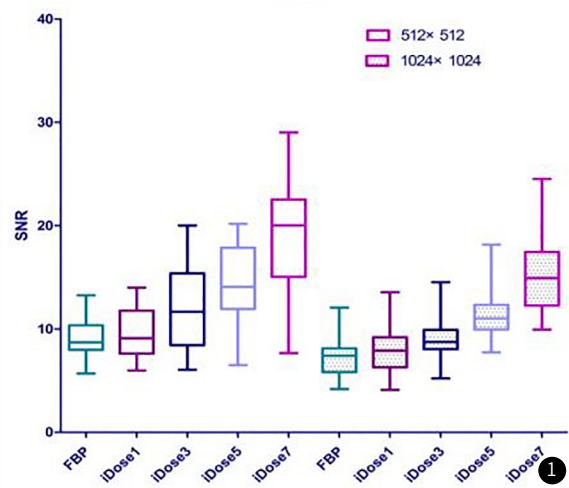


图1 两种矩阵下不同重建方式图像SNR比较

表1 两种矩阵下不同重建方式图像质量客观与主观评价

矩阵	重建方式	CT值(HU)	SD值(HU)	SNR	主观评分
512×512	FBP	-868.06±25.24	98.50±17.15	9.11±1.86	2.84±0.80
	iDose ⁴ -1	-874.57±23.31	95.85±22.52	9.66±2.46	2.40±0.76
	iDose ⁴ -3	-878.52±23.10	79.32±23.84	12.09±3.65	4.68±0.48
	iDose ⁴ -5	-877.08±23.40	66.08±20.64	14.34±3.77	4.20±0.76
	iDose ⁴ -7	-879.87±20.49	50.02±16.81	19.07±5.02	4.20±0.76
1024×1024	FBP	-869.14±21.48	122.53±26.53	7.44±0.35	2.64±0.81
	iDose ⁴ -1	-868.58±28.99	115.32±28.79	8.02±2.20	1.72±0.54
	iDose ⁴ -3	-875.43±19.91	101.16±22.36	9.06±2.03	4.12±0.60
	iDose ⁴ -5	-878.38±23.17	78.80±12.72	11.47±2.26	4.72±0.46
	iDose ⁴ -7	-880.07±20.02	60.71±11.92	15.10±3.34	3.48±0.77
	F	1.054	32.069	37.559	57.548
	P	0.398	0.000	0.000	0.0000

2.2 图像主观评价 FBP及不同级别迭代重建($iDose^4$ -1、 $iDose^4$ -3、 $iDose^4$ -5、 $iDose^4$ -7)主观评分差异均有统计学意义($P<0.05$)。各组间两两比较,同一矩阵条件下 $iDose^4$ -3、 $iDose^4$ -5的主观评分值差异无统计学意义($P>0.05$),且 $iDose^4$ -3、 $iDose^4$ -5的图像评分最优(表1);1024矩阵条件

下 $iDose^4$ -5评分优于其它组主观评分,差异有统计学意义($P<0.05$)。 $iDose^4$ -7图像噪声降低程度最大,但主观评分较低。对于肺部病灶显示情况,1024矩阵条件下 $iDose^4$ -5主观评分优于其它组。

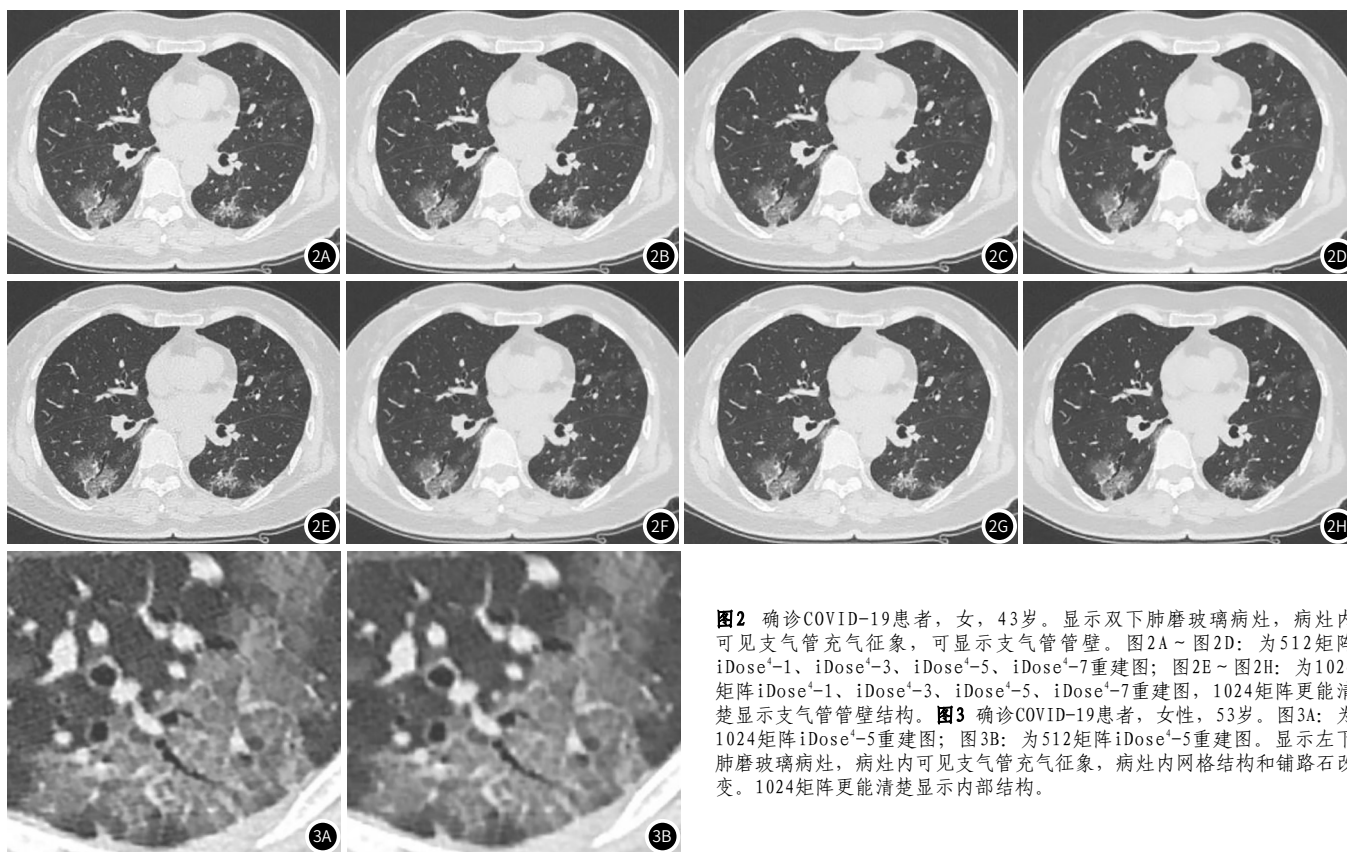


图2 确诊COVID-19患者,女,43岁。显示双下肺磨玻璃病灶,病灶内可见支气管充气征象,可显示支气管管壁。图2A~图2D:为512矩阵 $iDose^4$ -1、 $iDose^4$ -3、 $iDose^4$ -5、 $iDose^4$ -7重建图;图2E~图2H:为1024矩阵 $iDose^4$ -1、 $iDose^4$ -3、 $iDose^4$ -5、 $iDose^4$ -7重建图,1024矩阵更能清楚显示支气管管壁结构。**图3** 确诊COVID-19患者,女性,53岁。图3A:为1024矩阵 $iDose^4$ -5重建图;图3B:为512矩阵 $iDose^4$ -5重建图。显示左下肺磨玻璃病灶,病灶内可见支气管充气征象,病灶内网格结构和铺路石改变。1024矩阵更能清楚显示内部结构。

3 讨论

COVID-19肺部CT表现主要以肺外带磨玻璃病灶为主,且病灶表现多样,病灶内血管增粗,充气支气管征,网格、铺路石样改变,这些征象可能是COVID-19分期及鉴别诊断的有利依据。清楚显示这些征象可以更好指导临床治疗^[3-4]。

超高分辨CT(ultra high resolution CT, UHRCT)不仅能显示亚毫米级磨玻璃病灶,还能对病变的范围和程度进行精准定量。文献报道显示,在相同FOV条件下,1024大矩阵超高分辨CT能使单位体积内有效像素提高到常规512矩阵高分辨CT的4倍左右,明显地提高了空间分辨率,但重建速度慢,同样条件下相对噪声增大^[5-6]。本研究结果也表明,在同一重建方式下,1024矩阵的噪声升高,信噪比下降。 $iDose^4$ 是Philips推出的基于双空间多模型迭代重建技术,可有效提升图像空间分辨率及密度分辨率,可以减少噪声^[7-9],并通过频率噪声谱保持结构信息,维持真实的CT图像。但随 $iDose^4$ 等级的增高,病灶边缘与正常组织有被密度均匀化的趋势,对磨玻璃结节间质改变形成的网格影显示较困难,小结构可见性可受到影响。选择合适的迭代等级对于磨玻璃病灶结构显

示极为关键。

本研究对疑似COVID-19患者的行常规CT检查图像进行回顾性重建,对比分析不同矩阵条件下各重建方式的图像质量,参考COVID-19病例报道的CT特征^[2-4],期待找到1024矩阵下最优迭代等级,有利于COVID-19诊断及分级评估。本研究进行图像质量客观评价时,兴趣区(ROI)选择,面积约为 45mm^2 ,尽可能避开血管和纹理,减少其测量误差。本研究结果显示不同迭代等级重建图像的SNR均较FBP图像高,噪声均较FBP有不同程度减低,且随着 $iDose^4$ 级别的增加,CNR呈线性增加,等级越高,CNR越高,噪声越低,重建时间越长;同一迭代等级下,1024矩阵噪声较512矩阵高,CNR降低,而且重建速度下降。1024矩阵 $iDose^4$ -5、 $iDose^4$ -7重建图像与512矩阵 $iDose^4$ -3、 $iDose^4$ -5重建图像质量差异性无统计学意义。

在图像主观评价上,参考目前病例报道的COVID-19影像特征,本研究对磨玻璃病灶的显示情况、病灶边缘、大小、病灶内增粗血管影、空气支气管、网格样改变、铺路石样改变及正常区域的肺裂、近胸膜2cm支气管血管显示情况进行

(下转第30页)

主观评分,在相同的FOV进行,保证评估的准确性。本研究
中除FBP、iDose⁴-1外,其余重建图像质量均达到诊断要求,
均能清楚显示解剖结构,病变形态、边缘特征及密度。1024
矩阵iDose⁴-5评分最高,更能清楚显示磨玻璃病灶的内部结
构。虽然iDose⁴-7重建图像客观评分高,但主观评分低于其
他组,可能因为迭代等级过高,病变边缘、病变区及正常肺
组织区的密度有被均匀化的趋势,影响病变内部结构的观
察,而且其重建速度慢,不推荐日常工作使用。

综上所述,结合两种矩阵条件下各重建方式图像质量客
观及主观评分情况,采取1024矩阵,iDose⁴-5重建,在提高
空间分辨率的同时,也提高了密度分辨率和改善图像质量,
肺内小结构及磨玻璃病灶的细微结构可以更好地显示,可以
对COVID-19病灶的范围及程度进行精准评估,为COVID-19的
诊断分级及鉴别诊断提供有利依据。建议在临床工作中推广
使用。

参考文献

[1]Huang C,Wang Y,Li X,et al.Clinical features of patients
infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan,China[J].
Lancet,2020,395(10223):497-506.

[2]中华医学会放射学分会,新型冠状病毒肺炎的放射学诊断:中华医学会放
射学分会专家推荐意见(第一版)[J].中华放射学杂志,2020,54(4):279-
285.

[3]Chung M,Bernheim A,Mei X,et al.CT Imaging Features of 2019
Novel Coronavirus(2019-nCoV)[J].Radiology,2020,295(1):202-207.

[4]萧毅,郭佑民,刘士远.医学影像在新型冠状病毒肺炎诊治中的作用及思
考[J].中华放射学杂志,2020,54(4):266-268.

[5]Shanbhag S M,Schuzer J L,Stevenson C,et al.Prototype ultrahigh-
resolution computed tomography for chest imaging:Initial human
experience[J].J Comput Assist Tomogr,2019,43(5)805-810.

[6]Tanabe N,Shima H,Sato S,et al.Direct evaluation of peripheral
airways using ultra-high-resolution CT in chronic obstructive
pulmonary disease[J].Eur J Radiol,2019,120:108687.

[7]De Boer E,Nijholt I M,Jansen S,et al.Optimization of pulmonary
emphysema quantification on CT scans of COPD patients using
hybrid iterative and post processing techniques:correlation
with pulmonary function tests[J].Insights Imaging,2019,10
(1):102.

[8]邹勤,刘士远,管宇,等.超高分辨率CT对3cm以下肺磨玻璃密度结节的诊
断价值[J].临床放射学杂志,2017,36(4):484-488.

[9]Hata A,Yanagawa M,Honda O,et al.Effect of Matrix Size
on the Image Quality of Ultra-high-resolution CT of the
Lung:Comparison of 512×512,1024×1024,and 2048×2048[J].Acad
Radiol,2018,25(7):869-867.

(收稿日期:2020-07-09)